

วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้ ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 (2562)

การศึกษาความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และการจัดการ เรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพ

ปรินดา ลิ้มปานนท์ พรหมรัตน์

สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

E-mail: Parinda.L@chula.ac.th

รับบทความ: 15 กันยายน 2562 แก้ไขบทความ: 12 ตุลาคม 2562 ยอมรับตีพิมพ์: 15 ตุลาคม 2562

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ประเด็น และกระบวนการที่นิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูใช้ในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ กลุ่มเป้าหมายเป็นนิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูจำนวน 5 คน ของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งซึ่งได้เรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านรายวิชาด้านหลักสูตรและวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ เก็บรวบรวมข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 ปี โดยใช้แบบสอบถาม การวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ การสังเกตการสอน และการสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่าก่อนฝึกประสบการณ์วิชาชีพนิสิตส่วนใหญ่มีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ระดับเข้าใจผิวเผินและระดับเข้าใจบางส่วนและหลังจากการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ นิสิตมีพัฒนาการความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นในบางประเด็น นิสิตสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ครบทุกด้านแต่ขาดรายละเอียดในการช่วยให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แต่ละด้านอย่างเป็นองค์รวม โดยประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นิสิตสอน ได้แก่ วิทยาศาสตร์เป็นการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ วิธีการทดลองเป็นวิธีการหนึ่งในการเก็บรวบรวมข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ และความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถถูกนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตของผู้คนในสังคม โดยพบว่าการกำหนดประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการสอนขึ้นกับเนื้อหาตามแบบเรียน และนิสิตไม่ตระหนักถึงการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หากไม่ได้รับการทบทวนความรู้และสะท้อนคิดอย่างเจาะจงโดยอาจารย์นิเทศก์ อย่างไรก็ตามนิสิตมีพัฒนาการในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งมากขึ้นในภาคการศึกษาที่ 2 และนิสิตใช้วิธีการที่หลากหลายในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

คำสำคัญ: ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การฝึกประสบการณ์วิชาชีพ นิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพ

A Study of Understanding of the Nature of Science and Nature of Science Instruction of Pre-service Teachers

Parinda Limpanont Promratana

Division of Science Education, Department of Curriculum and Instruction,
Faculty of Education, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand
E-mail: Parinda.L@chula.ac.th

Received: 15 September 2019 Revised: 12 October 2019 Accepted: 15 October 2019

Abstract

This qualitative research aimed to explore pre-service teachers' understanding of the nature of science (NOS), aspects of NOS and approaches they used to present NOS in their teaching practice. Participants were 5 pre-service teachers from a university. Their understanding of NOS and NOS teaching background were learned from courses related to science curriculum and science teaching method. The 1-year data collection conducted by gathering multiple data sources including questionnaire, lesson plans, classroom observations and interviews. The results showed that before the teaching practice, most pre-service teachers held naïve and partial views of NOS and some of their views improved after the teaching practice. Aspects of NOS they often taught were science is an attempt to explain natural phenomena, experiment is one way to do science, and scientific knowledge is useful for people in a society. It was found that NOS aspects presented in their classrooms relied on the science content written in textbooks. They were not aware of NOS aspects in their teaching unless recalling and specifically reflection of NOS aspects by their supervisor. However, pre-service teachers showed improvement in teaching NOS explicitly in the second semester and they tended to use varieties of teaching methods to teach NOS.

Keywords: Nature of science, Teaching practice, Preservice teachers

บทนำ

ปัจจุบันวิทยาศาสตร์ศึกษาทั่วโลกต่างให้ความสำคัญต่อการพัฒนาผู้เรียนให้มีความเข้าใจในเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์ ความสามารถทางการ

คิด และความสามารถในการศึกษาหาความรู้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ประชาชนมีความรู้พื้นฐานในการดำรงชีวิตอยู่ในโลกที่ได้รับผลกระทบจากวิทยาศาสตร์ทั้งในระดับชีวิตประจำวันและ

ระดับสังคม (American association for the Advancement of Science [AAAS], 1992; Lonsbury and Ellis, 2002) ด้วยเหตุผลดังกล่าว สถาบันและองค์กรที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์จึงให้ความสำคัญกับการเรียนรู้ที่นอกเหนือไปจากความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์ และได้กำหนด “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์” ไว้ในเป้าหมายของการศึกษา ช่วยพัฒนาบุคคลให้เรียนรู้การใช้หลักเหตุผลในการพิจารณาข้อเท็จจริงของสิ่งต่าง ๆ ตลอดจนความน่าเชื่อถือและข้อจำกัดของวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสร้างข้อความรู้ใหม่ ๆ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับประชาชนในการตัดสินใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน (Lonsbury and Ellis, 2002)

เมื่อกล่าวถึง “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์” นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ต่างให้ความหมายและอภิปรายธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ในแง่มุมที่หลากหลายแตกต่างกันไป อย่างไรก็ตามคำอธิบายเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มักมีประเด็นที่ถูกกล่าวถึงร่วมกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์คืออะไร วิทยาศาสตร์ทำงานอย่างไร และ สังคมตอบสนองต่อการดำเนินงานต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์อย่างไร (Clough, 2006; McComas *et al.*, 1998)

Abd-El-Khalick *et al.* (2017) อธิบายว่า การพัฒนาความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ปรากฏเป็นเป้าหมายสำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์ในสหรัฐอเมริกาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลากว่า 6 ทศวรรษ แม้กระทั่งในหลักสูตรปัจจุบันที่เกิดขึ้นหลังการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ในเอกสาร Next generation science standards (NGSS) ยังกำหนดหัวเรื่องหลักเกี่ยวกับ

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้อย่างชัดเจนอยู่หลายประเด็นด้วยกัน หัวเรื่องหลักที่กำหนดได้แก่ 1) วิธีการทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้มีวิธีการเดียว นักวิทยาศาสตร์สามารถดำเนินงานได้หลากหลายวิธี 2) คำกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานและสามารถเปลี่ยนแปลงได้ 3) ธรรมชาติของแบบจำลอง ทฤษฎี และกฎ 4) วิทยาศาสตร์เป็นความพยายามของมนุษย์ นอกจากนี้ยังมีหัวเรื่องรองอีกหลายเรื่องที่เกี่ยวข้อง เช่น “ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นผลจากความอุตสาหะของมนุษย์ จินตนาการ และความคิดสร้างสรรค์” “ข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์ถูกโน้มนำโดยทฤษฎี และภูมิหลังของนักวิทยาศาสตร์” “สังคมและวัฒนธรรมเป็นพื้นฐานของวิทยาศาสตร์ และนักวิทยาศาสตร์มีทั้งชายและหญิงจากวัฒนธรรมและเชื้อชาติที่หลากหลาย” และ “วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ได้รับอิทธิพลจากสังคม และสังคมก็ได้รับอิทธิพลจากวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์เช่นกัน

อย่างไรก็ตาม ความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ยังคงถูกพบอยู่บ่อยครั้ง โดย McComas (2000) ได้สรุปความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สามารถพบได้ทั่วไปในตำราและการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไว้ 14 เรื่อง ดังต่อไปนี้ 1) ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการพิสูจน์ว่าน่าเชื่อถือจะถูกพัฒนาเป็นกฎ 2) กฎทางวิทยาศาสตร์ เป็นความรู้ที่ถูกต้องเป็นจริงเสมอ 3) การตั้งสมมติฐานคือการคาดเดาคำตอบ 4) วิธีการทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นขั้นตอนโดยเคร่งครัดที่เหมือนกันสำหรับนักวิทยาศาสตร์ทุกคน 5) การเก็บรวบรวมหลักฐานอย่างละเอียดรอบคอบจะนำมาสู่การสร้างความรู้ที่ถูกต้องเป็นจริง

6) การดำเนินงานทางวิทยาศาสตร์นำมาซึ่งข้อพิสูจน์ที่จริงแท้ในเรื่องต่าง ๆ 7) วิทยาศาสตร์มีลักษณะการทำงานที่เน้นความเคร่งครัดในขั้นตอนมากกว่าการใช้ความคิดสร้างสรรค์ 8) วิทยาศาสตร์สามารถตอบได้ทุกคำถาม 9) วิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นปรนัย 10) การสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยการทดลอง 11) ข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ทุกเรื่องจะได้รับการตรวจสอบทบทวนความถูกต้อง 12) เมื่อมีข้อค้นพบใหม่เกิดขึ้น สังคมนักวิทยาศาสตร์จะยอมรับข้อค้นพบนั้นทันที 13) แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์คือภาพจำลองของสิ่งที่เป็นอย่างจริง และ 14) วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีคือสิ่งเดียวกัน

การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ดีนั้น นอกจากผู้สอนจะต้องเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นอย่างดีแล้ว ยังต้องอาศัยกระบวนการและวิธีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมด้วย โดยกระบวนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สามารถจำแนกออกได้เป็น 3 กระบวนการ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบโดยนัย (implicit approach) หมายถึง แนวทางการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่เป็นผลพลอยได้จากการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมตามแนวคิดของกระบวนการสืบสอบ การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง (explicit approach) หมายถึง การจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับวิธีสอนเนื้อหาที่มีความเฉพาะเจาะจงอย่างธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด (explicit-reflective approach) หมายถึง การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดกิจกรรมแบบสืบเสาะหาความรู้ หรือกิจ-

กรรมที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติรวมกับการสะท้อนคิด ซึ่งมีส่วนช่วยให้นักเรียนได้รับการอภิปรายอย่างชัดเจนเกี่ยวกับแง่มุมต่าง ๆ ของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Faikhamta, 2013; Schwartz and Lederman, 2002)

อย่างไรก็ตามแม้ว่าความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จะมีความสำคัญต่อการรู้วิทยาศาสตร์อย่างมาก แต่นักการศึกษายังพบปัญหาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาโดยตลอด โดย Limpanont (2004) พบว่า ประเด็นเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ที่ครูสอนคือ การสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ (scientific inquiry) โดยเฉพาะในส่วนของการจัดการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ ในขณะที่ประเด็นเกี่ยวกับลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และกิจการทางวิทยาศาสตร์มีการสอนเพียงน้อยครั้ง โดยวิธีการสอนส่วนใหญ่เป็นการบรรยาย และการแนะนำแหล่งค้นคว้าเพื่อศึกษาด้วยตนเอง

สำหรับสาเหตุที่ครูสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพียงบางประเด็นนั้น เนื่องจากครูขาดความเข้าใจที่ถูกต้องและสมบูรณ์เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดย Ladachart *et al.* (2013) พบว่า ครูไทยจำนวนหนึ่งเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ คือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ คือ การสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับ Meesri (2007) ซึ่งพบว่าครูมีแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์บางส่วน แต่ไม่สามารถอธิบายด้วยคำพูดของตนเองได้ จึงอาจกล่าวได้ว่าครูมีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่เพียงพอ

ที่จะสอนในห้องเรียน และยังพบว่าครูไม่ได้ให้ความสำคัญในการกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

จากปัญหาข้างต้น จะเห็นได้ว่าปัจจุบันการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ยังคงเป็นความท้าทายสำหรับผู้สอน แม้ว่าจะเป็นครูประจำการที่มีประสบการณ์ก็ตาม ด้วยเหตุนี้จึงมีการวิจัยจำนวนมากที่มุ่งพัฒนาและฝึกอบรมครูผู้สอนให้มีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องชัดเจน อย่างไรก็ตามการแก้ปัญหาดังกล่าวไม่ควรจำกัดเฉพาะครูประจำการเท่านั้น แต่ควรมีการศึกษาเพื่อเตรียมความพร้อมนิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในอนาคตด้วย ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สำคัญต่อการพัฒนาด้านหลักสูตรและการเรียนการสอนสำหรับสถาบันครูศึกษา ควรต้องศึกษาว่า นิสิตนักศึกษาที่ผ่านรายวิชาในหลักสูตรครูศึกษาแล้ว เมื่อถึงเวลาปฏิบัติการสอนสามารถสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่ และมีความสามารถสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในระดับใด

จากการทบทวนเอกสารและการวิจัยเกี่ยวกับความเข้าใจและความสามารถในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครูและนิสิตนักศึกษาครูจำนวนมากมีลักษณะเป็นการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับผลของโครงการอบรมที่จัดขึ้นเป็นกรณีพิเศษหรือวิชาเลือกเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นการเฉพาะ (Akerson *et al.*, 2006; Fairkhamta, 2013; Meesri, 2007) อย่างไรก็ตามหลักสูตรครูศึกษาบางส่วนไม่ได้มีรายวิชาเฉพาะเพื่อพัฒนาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แต่มีการพัฒนาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอน การศึกษาว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการพัฒนาใน

ลักษณะเช่นนี้มีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และมีความสามารถในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นอย่างไร

ด้วยเหตุผลดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาข้อมูลเชิงลึกของนิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพที่ผ่านการเรียนรายวิชาในหลักสูตรมาครบถ้วนแล้วว่ามี ความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในระดับใด และในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพมีการจัดการเรียนรู้เนื้อหาสาระที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นใดบ้าง และจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการใด ซึ่งข้อมูลนี้จำเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนานิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพในการพัฒนาความสามารถในการจัดการเรียนการสอนให้เป็นทั้งครูผู้สามารถสอนเนื้อหาสาระควบคู่กับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

คำถามการวิจัย

1. นิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูมีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างไร ก่อนและหลังการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ
2. ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประเด็นใดบ้างที่มีการสอนในชั้นเรียนของนิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู
3. นิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูใช้กระบวนการใดในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยเป็นนิสิตครูของสถาบันผลิตครูแห่งหนึ่ง ที่ฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในภาคการศึกษาต้นและภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2560 จำนวน 5 คน ที่อาสาเข้าร่วมการวิจัย

โดยงานวิจัยนี้เลือกศึกษาตัวอย่างจำนวนน้อย เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลเชิงลึก

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยนี้เก็บข้อมูลจากแหล่งข้อมูลหลากหลาย โดยความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ใช้แบบสอบถามปลายเปิด tentative nature of science (TNOS Questionnaire) ของ Limpapont (2011) และมีการตรวจสอบความหมายของสิ่งที่กลุ่มเป้าหมายตอบในแบบสอบถาม และขอให้ขยายความเพิ่มเติมโดยใช้วิธีการสัมภาษณ์ มีการเก็บรวบรวมข้อมูล 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ก่อนที่กลุ่มเป้าหมายจะฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และครั้งที่ 2 หลังจากทีกลุ่มเป้าหมายสิ้นสุดการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลระหว่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ห่างกันเป็นเวลา 1 ปี โดยขอบเขตธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาประกอบด้วยประเด็นย่อย 6 ด้าน ได้แก่ 1) มุมมองต่อวิทยาศาสตร์ 2) การเปลี่ยนแปลงของกฎและทฤษฎี 3) วิธีการทางวิทยาศาสตร์ 4) ความเป็นอัตวิสัยของข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ 5) บทบาทของความคิดเห็นและจินตนาการในวิทยาศาสตร์ และ 6) ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และสังคม

การเก็บรวบรวมข้อมูลประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นิสิตสอนในชั้นเรียน และกระบวนการที่ใช้ในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ดำเนินการโดยใช้การวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ การสังเกตการสอน และการสัมภาษณ์หลังสอน โดยมีการสังเกตการสอนในภาคการศึกษาที่ 1 จำนวน 3 ครั้ง และภาคการศึกษาที่ 2 จำนวน 4 ครั้ง การวิจัยนี้คำนึงถึง “ธรรมชาติ” ที่สำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สามารถมีนิยามได้หลากหลายและมีขอบเขตกว้างขวาง

การเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏในการสอนจึงใช้มุมมองกว้างในการมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็น 3 ด้าน ได้แก่ ลักษณะของวิทยาศาสตร์ การทำงานของนักวิทยาศาสตร์ และความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับสังคม

บริบทของกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายประกอบด้วยนิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูจำนวน 5 คน ทั้งหมดศึกษาในคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง และฝึกประสบการณ์วิชาชีพในปีการศึกษา 2560 โดยมีนิสิตระดับปริญญาบัณฑิต 3 คน และนิสิตระดับปริญญาโทบัณฑิตจำนวน 2 คน ดังต่อไปนี้

แจ่มใส ดีใจ และอารี* เป็นนิสิตระดับปริญญาบัณฑิตทั้งสามคนเป็นนิสิตชั้นปีที่ 5 ของหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป ซึ่งในหลักสูตรดังกล่าวนิสิตเรียนรายวิชาด้านเนื้อหาและปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในคณะวิทยาศาสตร์ และศึกษาเกี่ยวกับการศึกษา จิตวิทยาการเรียนรู้ หลักสูตร และการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในคณะครุศาสตร์ นิสิตทั้งสามคนได้เรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากวิชาด้านหลักสูตรวิทยาศาสตร์ในภาคการศึกษาด้านของชั้นปีที่ 3 และวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในภาคการศึกษาด้านของชั้นปีที่ 4

พลอยสีและพีระ* เป็นนิสิตชั้นปีที่ 2 ของหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ ซึ่งในหลักสูตรดังกล่าวนิสิตเรียนรายวิชาด้านเนื้อหาและปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในคณะวิทยาศาสตร์ เรียนเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากรายวิชาด้านหลักสูตรวิทยาศาสตร์และวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในภาคการศึกษาด้านของชั้นปีที่ 1 นิสิตทั้งสอง

คนสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตด้วยวุฒิ
วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมีจากคณะวิทยา-
ศาสตร์และเข้าศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตทันที
หลังสำเร็จการศึกษา

*การวิจัยนี้ใช้นามสมมติเพื่อปกป้องสิทธิ์
และความเป็นส่วนตัวของกลุ่มเป้าหมาย

*บทบาทของผู้วิจัยและความสัมพันธ์กับ
กลุ่มเป้าหมาย*

ผู้วิจัยเป็นอาจารย์ผู้สอนในหลักสูตรที่
กลุ่มเป้าหมายกำลังศึกษาอยู่และเป็นอาจารย์
นิเทศก์ของนิสิตกลุ่มเป้าหมายทั้ง 5 คน จุดมุ่ง-
หมายแรกในการศึกษาปรากฏการณ์ครั้งนี้เพื่อ
ศึกษาสภาพที่เป็นธรรมชาติของกลุ่มเป้าหมาย
ว่ามีการเชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่
ตนเองรับรู้และเข้าใจสู่การสอนของตนเองอย่างไร
อย่างไรก็ตามหลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลในภาค
การศึกษาที่ 1 และพบว่านิสิตไม่ได้ตระหนักถึง
ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตลอดภาคการศึกษา
ผู้วิจัยปรับบทบาทจากการผู้นิเทศก์การสอนตาม
ปกติ เป็นผู้อบรมทบทวนความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติ
ของวิทยาศาสตร์ให้กลุ่มเป้าหมาย 1 ครั้ง ก่อนเปิด
ภาคการศึกษาที่ 2 และเพิ่มเติมการสะท้อนคิด
อย่างเจาะจงในการนิเทศหลังสอนว่า กลุ่มเป้าหมาย
ได้สะท้อนอะไรเกี่ยวกับลักษณะของวิทยา-
ศาสตร์ การทำงานของนักวิทยาศาสตร์ และความ
สัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับสังคมบ้าง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมถูกนำมาลงรหัสและ
จัดกลุ่มข้อมูลโดยการวิเคราะห์แบบนิรนัยและ
อุปนัย โดยความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยา-
ศาสตร์ จำแนกเป็นระดับความเข้าใจในธรรมชาติ
ของวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Faikhamta
(2013) 3 ระดับได้แก่ ความเข้าใจผิวเผิน (naïve)

ความเข้าใจบางส่วน (partial Understanding) และ
ความเข้าใจถูกต้อง (informed understanding)
และข้อมูลเกี่ยวกับการสอนธรรมชาติของวิทยา-
ศาสตร์นำมาจำแนกเป็นการสอนแบบโดยนัย
การสอนแบบชัดแจ้ง และการสอนแบบชัดแจ้ง
ร่วมกับการสะท้อนคิด การตรวจสอบความถูก-
ต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลดำเนินการโดย
การตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (triangulation)
และมีการตรวจสอบการลงรหัสข้อมูลโดยผู้เชี่ยวชาญ
ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาที่ไม่ใช่ผู้วิจัย เมื่อ
พบข้อมูลที่มีความเห็นไม่ตรงกันระหว่างผู้วิจัย
และผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 ได้ดำเนินการอภิปราย
ร่วมกัน และในบางกรณีได้มีการตรวจสอบเพิ่ม-
เติมโดยผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2 และปรับการลงรหัส
จนได้ข้อสรุปพร้อมที่มีความเห็นตรงกัน

ผลการวิจัย

*ตอนที่ 1 ความเข้าใจในธรรมชาติของ
วิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการฝึกประสบการณ์
วิชาชีพ*

ผลการวิจัยพบว่า ก่อนและหลังการฝึก
ประสบการณ์วิชาชีพนิสิตทั้ง 5 คน มีความเข้าใจ
ในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นต่าง ๆ
แสดงในตาราง 1

1. มุมมองต่อวิทยาศาสตร์

ก่อนการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ พี่ระ
เป็นนิสิตเพียงคนเดียวที่แสดงความเข้าใจถูกต้อง
ว่าวิทยาศาสตร์เป็นทั้งความรู้และกระบวนการที่
เชื่อถือในหลักฐาน สามารถรวบรวมข้อมูลได้
หลากหลายวิธีไม่จำกัดเพียงการทดลอง และรู้ว่า
ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ใช่ทั้งหมดที่เป็นหลัก-
ฐานเชิงประจักษ์ แตกต่างจากดวงใจและอารีซึ่งมี
ความเข้าใจบางส่วนโดยมองวิทยาศาสตร์เป็น

ตาราง 1 ความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนิสิต 5 คน ก่อนและหลังการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ จำแนกตามประเด็น

นิสิต	มุมมองต่อวิทยาศาสตร์	การเปลี่ยนแปลงของกฎและทฤษฎี	วิธีการทางวิทยาศาสตร์	ความเป็นอัตวิสัยของข้อสรุป	บทบาทของความคิดเห็นและจินตนาการ	ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และสังคม
แจ่มใส	(ก่อน)	ผิวเผิน	บางส่วน	ผิวเผิน	บางส่วน	บางส่วน
	(หลัง)	บางส่วน	บางส่วน	บางส่วน	บางส่วน	บางส่วน
ดวงใจ	(ก่อน)	บางส่วน	บางส่วน	บางส่วน	ผิวเผิน	ผิวเผิน
	(หลัง)	บางส่วน	บางส่วน	บางส่วน	ผิวเผิน	บางส่วน
อารี	(ก่อน)	บางส่วน	ผิวเผิน	บางส่วน	ผิวเผิน	บางส่วน
	(หลัง)	บางส่วน	บางส่วน	ถูกต้อง	ผิวเผิน	บางส่วน
พลอยสี	(ก่อน)	ผิวเผิน	บางส่วน	ผิวเผิน	ผิวเผิน	บางส่วน
	(หลัง)	ผิวเผิน	บางส่วน	ผิวเผิน	ผิวเผิน	บางส่วน
พีระ	(ก่อน)	ถูกต้อง	บางส่วน	ถูกต้อง	ถูกต้อง	ผิวเผิน
	(หลัง)	ถูกต้อง	บางส่วน	ถูกต้อง	ถูกต้อง	ถูกต้อง

การอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ และไม่ได้กล่าวถึงกระบวนการของการได้มาซึ่งความรู้ นอกจากนี้ยังพบว่า มีนิสิต 2 คน ที่มีความเข้าใจผิวเผินในมุมมองต่อวิทยาศาสตร์คือแจ่มใสและพลอยสี ซึ่งมองว่าวิทยาศาสตร์เป็นปรนัยโดยสมบูรณ์ วิทยาศาสตร์ขึ้นอยู่กับ การทดลองซึ่งพิสูจน์ได้และเป็นจริง ไม่เกี่ยวข้องกับอารมณ์และทัศนคติของบุคคล หลังจากการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ แจ่มใสมีความเข้าใจเพิ่มขึ้นเป็นระดับความเข้าใจบางส่วน โดยบอกว่าความเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์เป็นทั้งความรู้และกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับคำถามและวิธีการค้นหาคำตอบที่หลากหลาย ในขณะที่พลอยสีซึ่งแม้จะอธิบายว่าวิทยาศาสตร์เป็นทั้งความรู้และกระบวนการซึ่งเกี่ยวข้องกับหลักฐาน แต่ก็ยังมองว่าการทดลองเป็นวิธีการที่ขาดไม่ได้ของวิทยาศาสตร์อยู่เช่นเดิม

2. การเปลี่ยนแปลงของกฎและทฤษฎี

ก่อนการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ นิสิตทุกคนบอกว่ากฎและทฤษฎีเปลี่ยนแปลงได้

แต่พบว่า นิสิตจำนวน 4 คนมีความเข้าใจบางส่วนเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงว่าทั้งกฎและทฤษฎีเปลี่ยนแปลงได้เนื่องจากการมีเทคโนโลยีที่ทันสมัยขึ้น ทำให้สามารถเข้าถึงข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่านิสิต 1 คน คืออารีที่ยอมรับว่าตนเองจดจำสิ่งที่เคยเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในอดีตว่าเปลี่ยนแปลงได้ จากการสัมภาษณ์เชิงลึกพบว่าอารีไม่แน่ใจว่าตนเองจำได้ถูกต้องหรือไม่ รู้สึกสับสนว่ากฎหรือทฤษฎีที่เปลี่ยนแปลง และคิดว่าความรู้ทั้งสองประเภทมีความน่าเชื่อถือไม่เท่ากัน โดยความรู้ประเภทหนึ่งสามารถถูกพัฒนาเป็นอีกประเภทได้ถ้าได้รับความเชื่อถือเพียงพอ หลังการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ อารีเปลี่ยนความเข้าใจจากเดิมที่ผิวเผินเป็นความเข้าใจบางส่วนว่า กฎและทฤษฎีเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีข้อค้นพบใหม่หรือหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ทำให้เกิดการทบทวนกฎและทฤษฎีเดิม

4. วิธีการทางวิทยาศาสตร์

ก่อนการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ พี่ระ เป็นนิสิตเพียงคนเดียวที่มีความเข้าใจถูกต้อง โดยบอกว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์มีได้หลากหลายวิธี และนักวิทยาศาสตร์สามารถศึกษาสิ่งที่สนใจได้ทั้งโดยการสำรวจและทดลอง แต่สิ่งที่สำคัญในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์คือการรวบรวมข้อมูลและแปลความหมายของข้อมูล ในขณะที่ดวงใจและอารีซึ่งมีความเข้าใจบางส่วนเกี่ยวกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์บอกได้เพียงว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์มีขั้นตอนแต่ยี่ดหุ่ยน และขั้นตอนนั้นไม่ได้มีลักษณะที่ต้องดำเนินการทีละขั้นทีละตอนโดยเคร่งครัด (universal step-by-step method) โดยที่ไม่สามารถอธิบายได้อย่างเจาะจงว่าแท้จริงแล้วนักวิทยาศาสตร์ทำงานอย่างไรบ้าง และพบว่ามึนนิสิต 2 คน คือ แจ่มใสและพลอยสีที่เข้าใจว่า การทดลองเป็นวิธีการเดียวในการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ มึนนิสิต 2 คนที่เปลี่ยนแปลงความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยแจ่มใสปรับจากความเข้าใจผิวเผินเป็นความเข้าใจบางส่วนว่าวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการตั้งคำถามและหาคำตอบด้วยวิธีการที่หลากหลายไม่ได้จำกัดที่การทดลองอย่างเดียว และอารีปรับจากความเข้าใจบางส่วนเป็นความเข้าใจที่ถูกต้องว่า การทำงานของนักวิทยาศาสตร์มีขั้นตอนที่สำคัญคือการรวบรวมหลักฐานเชิงประจักษ์ และการทดลองเป็นวิธีการหนึ่งที่ทำให้สามารถรวบรวมหลักฐานที่น่าเชื่อถือ

5. ความเป็นอัตวิสัยของข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์

ก่อนการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ แม้ว่ามึนนิสิตทุกคนจะบอกว่า ในการศึกษาเรื่องเดียวกัน นักวิทยาศาสตร์อาจสร้างข้อสรุปที่แตก-

ต่างกันได้ แต่มึนนิสิตเพียง 1 คน คือ พี่ระ ที่แสดงความเข้าใจที่ถูกต้องว่าข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้มีความเป็นปรนัยโดยสมบูรณ์ และในช่วงเวลาเดียวกันอาจมีทฤษฎีที่เป็นที่ยอมรับได้มากกว่าหนึ่งทฤษฎี โดยความเป็นอัตวิสัยนั้นเกี่ยวข้องกับพื้นฐานของนักวิทยาศาสตร์ในการกำหนดปัญหาและเลือกศึกษาในสิ่งที่แตกต่างกัน ซึ่งในประเด็นเดียวกันนี้ ดวงใจ อารี และพลอยสีมีความเข้าใจบางส่วนว่า ในปรากฏการณ์เดียวกัน นักวิทยาศาสตร์อาจกำหนดประเด็นที่ศึกษาและเลือกศึกษาตัวแปรที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม แจ่มใสแสดงความเข้าใจผิวเผินว่า แม้ว่านักวิทยาศาสตร์จะมีโอกาสสร้างข้อสรุปที่แตกต่างกัน แต่ความแตกต่างนั้นขึ้นกับความเชี่ยวชาญและความแม่นยำในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยข้อสรุปที่ถูกต้องที่สุดสามารถมีได้เพียงหนึ่งเดียว ซึ่งเป็นการยืนยันมุมมองของแจ่มใสต่อวิทยาศาสตร์ว่า วิทยาศาสตร์มีความเป็นปรนัยโดยสมบูรณ์ หลังการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ แจ่มใสปรับความเข้าใจจากเดิมในระดับผิวเผินเป็นความเข้าใจบางส่วนว่าข้อสรุปของนักวิทยาศาสตร์สามารถแตกต่างกันได้ โดยพื้นฐานส่วนบุคคลอาจส่งผลต่อการออกแบบ รวบรวมข้อมูลและเลือกศึกษาสิ่งต่าง ๆ และเป็นที่น่าสนใจว่า อารีเปลี่ยนแปลงความเข้าใจจากเดิมที่เข้าใจบางส่วน กลายเป็นความเข้าใจผิวเผินว่าข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์มีได้คำตอบเดียวเท่านั้น โดยอารีสับสนเกี่ยวกับความเป็นอัตวิสัยของข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์กับการทดลองซ้ำว่า หากต้องทดลองซ้ำแล้วได้ผลเหมือนเดิม แสดงว่าข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องต้องมีได้คำตอบเดียว แสดงให้เห็นว่าอารียังไม่เข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องมีการผสมผสานระหว่าง

หลักเหตุผลและการตรวจสอบความถูกต้องกับข้อจำกัดของการแปลความหมายวิทยาศาสตร์

6. บทบาทของความคิดเห็นและจินตนาการในวิทยาศาสตร์

ก่อนการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ ไม่มีนิสิตคนใดมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับบทบาทของความคิดเห็นและจินตนาการในวิทยาศาสตร์ มีเพียงนิสิต 2 คน คือ แจ่มใสและพีระ ที่มีความเข้าใจบางส่วนกล่าวคือนิสิตทั้งสองเข้าใจว่าความคิดเห็นและจินตนาการมีบทบาทในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในหลายขั้นตอน เช่น การกำหนดปัญหาและการออกแบบวิธีการในการเก็บรวบรวมข้อมูล แต่ทั้งสองไม่ได้กล่าวถึงบทบาทของความคิดเห็นและจินตนาการในการแปลความหมายของข้อมูลซึ่งนำไปสู่การสร้างข้อสรุป ในขณะที่นิสิตอีก 3 คน ได้แก่ ดวงใจ อารี และพลอยสี มองว่า ความคิดเห็นและจินตนาการสำคัญต่อนักวิทยาศาสตร์ในฐานะจุดเริ่มต้นของความสงสัยเท่านั้น โดยเฉพาะอารีมองว่า นอกเหนือจากความสงสัย นักวิทยาศาสตร์ใช้ความคิดเห็นและจินตนาการเฉพาะในกรณีที่ขาดหลักฐานเชิงประจักษ์เท่านั้น แสดงให้เห็นว่า นิสิตทั้งห้าคนยังขาดมุมมองว่า ลำพังข้อมูลที่นักวิทยาศาสตร์รวบรวมได้ไม่ได้อาจก่อให้เกิดความหมายใด ๆ แต่นักวิทยาศาสตร์ต้อง “สร้าง” ความหมายของข้อมูลขึ้นผ่านความคิดเห็นและจินตนาการในการมองหาแบบแผนขึ้น หลังการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ พีระปรับความเข้าใจจากระดับบางส่วนเป็นความเข้าใจที่ถูกต้องว่านักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการทั้งในการสังเกต รวบรวมและแปลความหมายข้อมูล แต่ในขณะเดียวกันนักวิทยาศาสตร์ก็ต้องพยายามหลีกเลี่ยงความคิดเห็นส่วนตัวที่จะทำให้เกิดอคติในการทำงาน และนิสิต

อีกคนคือ อารีปรับความเข้าใจจากเดิมผิวเผินเป็นความเข้าใจบางส่วนว่าจินตนาการมีบทบาทในการทำงานทางวิทยาศาสตร์ในหลายด้าน

7. ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม

ก่อนการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ แม้ว่านิสิตทุกคนจะกล่าวว่าวิทยาศาสตร์และสังคมส่งผลกระทบซึ่งกันและกัน แต่ไม่มีนิสิตคนใดกล่าวถึงความสัมพันธ์ได้ครบถ้วนว่าเป็นไปทั้งในลักษณะวิทยาศาสตร์ส่งผลกระทบทั้งเชิงบวกและลบต่อสังคม และสังคมส่งผลทั้งเชิงบวกและลบต่อการทำงานและการพัฒนาของวิทยาศาสตร์ พบว่านิสิต 3 คน คือ แจ่มใส อารี และพลอยสี แสดงความเข้าใจบางส่วน โดยแจ่มใสบอกว่าทั้งวิทยาศาสตร์และสังคมส่งผลต่อความก้าวหน้าซึ่งกันและกันโดยไม่อธิบายรายละเอียด ในขณะที่อารีและพลอยสีบอกถึงความสัมพันธ์เชิงบวกและลบที่วิทยาศาสตร์มีต่อสังคมเท่านั้น ส่วนนิสิตอีกสองคน ได้แก่ ดวงใจและพีระ เข้าใจผิวเผินโดยมองความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และสังคมเพียงด้านเดียวคือ วิทยาศาสตร์สร้างสิ่งอำนวยความสะดวก และให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์แก่ผู้คนที่อยู่ในสังคมเท่านั้น หลังการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ นิสิตสองคนมองความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ในมุมมองที่หลากหลายมากขึ้น โดยพีระปรับความเข้าใจผิวเผินเป็นความเข้าใจที่ถูกต้อง โดยมองว่าวิทยาศาสตร์และสังคมต่างส่งผลกระทบซึ่งกันและกัน และลักษณะของผลกระทบนั้นเป็นไปได้ทั้งผลกระทบเชิงบวกและผลกระทบเชิงลบ และดวงใจปรับจากความเข้าใจผิวเผินเป็นความเข้าใจบางส่วนโดยมองว่าวิทยาศาสตร์และสังคมส่งผลกระทบซึ่งกันและกัน แต่ยังระบุผลกระทบของสังคม

ต่อวิทยาศาสตร์ในด้านลบเพียงด้านเดียว ของวิทยาศาสตร์ การทำงานของนักวิทยาศาสตร์ และความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และสังคม ตอนที่ 2 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และกระบวนการที่นิสิตใช้ในการสอนธรรมชาติ นิสิตมีการสอนในด้านต่าง ๆ โดยใช้กระบวนการสอนโดยนัย กระบวนการสอนแบบชัดแจ้ง และ ผลการวิจัยพบว่าเมื่อพิจารณาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ใน 3 ด้าน ได้แก่ ลักษณะ กระบวนการสอนแบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนคิด แสดงรายละเอียดดังในตาราง 2

ตาราง 2 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และกระบวนการที่นิสิตใช้สอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	กระบวนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (การสอนครั้งที่ผู้วิจัยสังเกต)		
	แบบโดยนัย	แบบชัดแจ้ง	แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนคิด
1. ลักษณะของวิทยาศาสตร์	ดวงใจ (1) อาร์ (6) พลอยสี (2,4)	อาร์ (5,7)	อาร์ (4)
2. การทำงานของนักวิทยาศาสตร์	แจ่มใส (5) ดวงใจ (2) อาร์ (1) พีระ (5)	แจ่มใส (4) ดวงใจ (1,6) อาร์ (2) พลอยสี (1,3,4,5,6,7) พีระ (3,4,7)	ดวงใจ (4,5)
3. ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับสังคม	แจ่มใส (1,2,3,6,7) ดวงใจ (3,6) อาร์ (3) พีระ (2,3,6)	แจ่มใส (5) ดวงใจ (4)	ดวงใจ (7)
ไม่พบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	พีระ (1)		

จากตาราง 2 แสดงให้เห็นว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มีการสอนมากที่สุดคือ ด้านการทำงานของนักวิทยาศาสตร์และด้านความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และสังคม โดยกระบวนการสอนที่ใช้ในภาคการศึกษาที่ 1 (การสังเกตครั้งที่ 1 ถึง 3) ส่วนใหญ่เป็นการสอนแบบโดยนัย ในขณะที่กระบวนการสอนที่ใช้ในภาคการศึกษาที่ 2 ส่วนใหญ่ (การสังเกตครั้งที่ 4 ถึง 7) เป็นการสอนแบบชัดแจ้ง โดยมีข้อค้นพบเกี่ยวกับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นิสิตสอนและกระบวนการ

การสอนดังต่อไปนี้

1. นิสิตสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ครบทุกด้านตามประเด็นหลักแต่ขาดรายละเอียด

1.1 การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เป็นการสอนเกี่ยวกับการทดลองโดยมีเป้าหมายให้นักเรียนรู้จักวิธีการทดลองเพื่อหาคำตอบของสิ่งต่าง ๆ แต่ยังมีส่วนน้อยที่สอนให้รายละเอียดถึงการพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความสำคัญของหลักฐานเชิงประจักษ์ และ

ไม่พบนิสิตคนใดเลยที่สอนเกี่ยวกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์อย่างครบถ้วนว่า นักวิทยาศาสตร์ทำงานโดยการสังเกต รวบรวมข้อมูล และแปลความหมายข้อมูลโดยใช้การอนุมานและการผสมผสานระหว่างหลักฐาน ความคิดเห็น และจินตนาการของนักวิทยาศาสตร์

1.2 การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และสังคมส่วนใหญ่เป็นการสอนเพียงประเด็นการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์ เช่น การเลือกอุปกรณ์ไฟฟ้า หลักการคุมกำเนิด มีนิสิตเพียงสองคนคือพลอยสีกับพีระซึ่งสอนรายวิชาเดียวกันที่สอนผลกระทบเชิงลบต่อวิทยาศาสตร์และสังคม คือ เรื่องผลกระทบจากผงซักฟอก โดยการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในด้านนี้มีที่มาจากเนื้อหาที่กำหนดไว้ในหนังสือเรียน ไม่พบนิสิตคนใดเลยที่สอนประเด็นนี้อย่างครบถ้วนว่า วิทยาศาสตร์และสังคมส่งผลกระทบทั้งเชิงบวกและลบต่อกันและกัน โดยสังคมเป็นตัวกำหนดทิศทางในการวิจัยและพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่เดียวกันการทำงานและผลผลิตของวิทยาศาสตร์ก็ส่งผลกระทบต่อสังคมทั้งทางบวกและทางลบ

1.3 การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านลักษณะของวิทยาศาสตร์ เป็นการสอนเพียงประเด็นย่อยในเรื่อง วิทยาศาสตร์เป็นการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ ซึ่งประเด็นย่อยดังกล่าวปรากฏอยู่ในเนื้อหาสาระที่มีการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ไม่พบนิสิตที่สอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนี้อย่างครบถ้วนว่าวิทยาศาสตร์มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาธรรมชาติโดยวิทยาศาสตร์เป็นทั้งความรู้และกระบวนการ

ที่มีเหตุผล มีความคงทน แต่สามารถเปลี่ยนแปลงได้

2. ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ขึ้นกับเนื้อหาบทเรียนที่นิสิตสอน

ผลการศึกษาพบว่า การกำหนดประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ขึ้นกับเนื้อหาสาระในบทเรียนมากกว่าความเข้าใจของนิสิตเอง โดยนิสิตจะวางแผนการจัดการเรียนรู้โดยมองถึงเนื้อหาบทเรียนก่อน จากนั้นจึงมองความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาสาระและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ดังนั้นเนื้อหาบทเรียนบางหัวข้อจึงไม่เอื้อให้นิสิตบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แม้ว่านิสิตจะตระหนักว่าควรสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก็ตาม เช่น ในการสอนของพีระครั้งที่ 7 ซึ่งสอนการเตรียมสารละลาย พีระมองว่าหัวข้อดังกล่าวเป็นขั้นตอนเฉพาะที่นักเรียนต้องดำเนินการตามหลักการทางปฏิบัติการเคมี พีระจึงไม่สอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในคาบดังกล่าว

3. นิสิตไม่ตระหนักถึงประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการสอนหากไม่ได้รับการทบทวนความรู้และถามสะท้อนคิดอย่างเจาะจง

จากการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ การสังเกตชั้นเรียน และการสัมภาษณ์หลังการสอนทำให้ทราบว่าในการสอนภาคการศึกษาที่ 1 (การสังเกตครั้งที่ 1 ถึง 3) แม้ว่านิสิตจะมีการกำหนดวัตถุประสงค์และการสอนที่สื่อถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์บางประการ เช่น การให้นักเรียนทำการทดลองเพื่อหาคำตอบบางอย่าง แต่เมื่อสัมภาษณ์เกี่ยวกับสิ่งที่คาดหวังเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียนนิสิตไม่ได้ตระหนักถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แต่ในภาคการศึกษาที่ 2 ที่นิสิตได้รับการทบทวนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และได้รับการตั้งคำถามให้สะท้อนคิดว่ามีการ

สอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างไร นิสิตมีการตระหนักถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากขึ้น และมีการกำหนดประเด็นในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากขึ้นในการสอนครั้งถัดไป

4. นิสิตมีพัฒนาการในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งมากขึ้นในภาคการศึกษาที่ 2

ผลการศึกษาพบว่าในภาคการศึกษาที่ 1 นิสิตสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบโดยนัยเป็นส่วนใหญ่ โดยมีสาเหตุเนื่องจากนิสิตไม่ได้ตระหนักถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แต่ในภาคการศึกษาที่ 2 ซึ่งนิสิตได้รับการอบรมทบทวนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และมีการตั้งคำถามโดยผู้วิจัยในฐานะอาจารย์ในเทศก์เพื่อสะท้อนคิดหลังการสอนอย่างเจาะจงต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และมีการให้ตัวอย่างการปรับการสอนให้มีการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นิสิตมีแนวโน้มจะใช้วิธีการสอนแบบชัดแจ้งมากขึ้น อย่างไรก็ตามนิสิตยังใช้วิธีการสอนแบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนคิดเพียงน้อยครั้ง และในบางครั้งแม้ว่านิสิตจะตั้งใจและวางแผนสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แต่กลับไม่ได้สอนเนื่องจากประสบปัญหาเกี่ยวกับการจัดการชั้นเรียนและการบริหารเวลา

5. นิสิตใช้วิธีการหลากหลายวิธีในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

โดยส่วนใหญ่ นิสิตใช้กระบวนการสอนแบบชัดแจ้งในลักษณะของการสอนแบบสืบสอบแบบมีโครงสร้างโดยผู้สอนเป็นผู้กำหนดคำถามและให้วิธีการหาคำตอบและให้นักเรียนหาคำตอบด้วยตนเองร่วมกับการวิธีสอนแบบทดลองและการใช้กิจกรรมในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านการทำงานของนักวิทยา-

ศาสตร์ แต่มักใช้กระบวนการสอนแบบโดยนัยในลักษณะของการใช้วิธีการบรรยายประกอบคำถามและการยกตัวอย่างในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับสังคมและด้านลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่านิสิตมีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ระดับผิวเผินและระดับบางส่วน สอดคล้องกับงานวิจัยหลายงานที่ผ่านมา อย่างไรก็ตามพบว่า นิสิตกลุ่มเป้าหมายของงานวิจัยนี้ไม่มีผู้ที่เข้าใจคลาดเคลื่อนว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นขั้นตอนอย่างเคร่งครัด แตกต่างจาก Supprakob (2017) ที่พบว่า ครูวิทยาศาสตร์เกือบครึ่งหนึ่งที่ศึกษาเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์มีขั้นตอนที่เคร่งครัดไม่สามารถข้ามขั้นได้ ทั้งนี้อาจมีสาเหตุเนื่องจากกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยของ Suprakob (2017) เป็นครูประจำการที่จบปริญญาตรีจากคณะศึกษาศาสตร์ จำนวน 46 คน ที่มีอายุระหว่าง 24-31 ปี จึงเป็นไปได้ว่าครูบางส่วนอาจผ่านประสบการณ์การเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากหลักสูตรผลิตครูที่ยังไม่ได้ให้ความสำคัญต่อการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้พบว่าเมื่อผ่านการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ 1 ปี นิสิตมีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นเพียงบางประเด็น ซึ่งสอดคล้องกับ Akerson et al. (2006) ที่พบว่า นักศึกษาคูรูกำนานมากมีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่เพียงพอ และเมื่อผ่านการเรียนรายวิชาเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นเวลา 1 ภาคการศึกษานิสิตเหล่านี้มีความเข้าใจมากขึ้น แต่หลังจากผ่านไป 5 เดือน นักศึกษา

กลับมามีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในระดับเดิมแสดงให้เห็นว่าการบวนการพัฒนานิสิตครูกลุ่มเป้าหมายในปัจจุบันยังไม่เพียงพอที่จะสร้างความเข้าใจที่คงทนให้กับนิสิตและจำเป็นที่จะต้องปรับกลยุทธ์ให้มีความเฉพาะเจาะจงและต่อเนื่องในการพัฒนาความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนิสิตครูนอกเหนือไปจากรายวิชาที่มีอยู่

การวิจัยนี้พบว่าแม้ว่านิสิตบางคนจะมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ถูกต้อง แต่นิสิตไม่ได้ตระหนักถึงประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และไม่ได้ตั้งใจที่จะสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในภาคการศึกษาที่ 1 สอดคล้องกับที่ Demirdöğen (2016) พบว่า ลำพังความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่เพียงพอที่จะทำให้ครูสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แต่ครูต้องมีความเชื่อในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้วย และการเรียนเกี่ยวกับเนื้อหาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีอิทธิพลต่อความเชื่อของนักเรียน ครูเพียงเล็กน้อยเท่านั้น นอกจากนี้ยังพบว่านิสิตมักสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในด้านความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และสังคมเพียงด้านการใช้ประโยชน์จากความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการบรรยาย สอดคล้องกับการวิจัยของ Limpanont (2004) ที่พบว่า ครูสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์เพียงประเด็นที่เกี่ยวกับการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ และวิธีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เป็นวิธีบรรยาย

อย่างไรก็ตามนิสิตมีพัฒนาการในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นหลังจากได้รับการอบรมทบทวนความรู้และการตั้งคำถามให้สะท้อนคิดอย่างเจาะจงต่อประเด็นธรรมชาติ

ของวิทยาศาสตร์และการให้ตัวอย่างจากอาจารย์นิเทศก์ ซึ่งจากการวิจัยของ Faikhamta (2013) พบว่าหลังจากเข้าเรียนในรายวิชาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แล้วครูประจำการได้พัฒนาความรู้ผนวกวิธีสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากขึ้น โดยสาเหตุของพัฒนาการเนื่องมาจากปัจจัย 5 ประการได้แก่ การได้สะท้อนคิดเกี่ยวกับความเข้าใจของตนเองที่มีต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การได้เห็นต้นแบบจากผู้สอน การมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้งที่มีการผนวกเนื้อหาและไม่มีการผนวกเนื้อหา การอ่านบทความเกี่ยวกับชีวประวัติของนักวิทยาศาสตร์และบทความวิจัยทางวิทยาศาสตร์ และการออกแบบวิธีการวัดและประเมินผลความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เมื่อเปรียบเทียบปัจจัยดังกล่าวกับการวิจัยครั้งนี้จะพบว่าการศึกษานิสิตครูวิทยาศาสตร์ในการฝึกประสบการณ์วิชาชีพในครั้งนี้มีความสอดคล้องกับปัจจัยดังกล่าวเพียง 2 ปัจจัยแรกเท่านั้น ซึ่งอาจเป็นเหตุผลที่ทำให้พัฒนาการของนิสิตเกิดขึ้นไม่มากนักและนิสิตยังใช้วิธีการสอนแบบชัดแจ้งร่วมกับสะท้อนคิดเพียงน้อยครั้ง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าหลักสูตรพัฒนานิสิตครูวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมีการทบทวนหลักสูตรพัฒนาครูวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาความเข้าใจและความสามารถในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยบูรณาการความรู้ผนวกเนื้อหาในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในรายวิชาต่าง ๆ ต่อไปนี้

1.1 รายวิชาด้านวิทยาศาสตร์ ควร มีการปรับปรุงเนื้อหา รายวิชาและ กิจกรรมการ เรียนรู้ให้ มีการศึกษาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผ่านการอ่านเรื่องราวเชิงประวัติศาสตร์และ รายงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ เพื่อสร้างความเข้าใจและให้พื้นฐานเกี่ยวกับที่มาที่ไปของข้อความรู้ หรือมีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ ผลกระทบ และความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ทาง วิทยาศาสตร์กับสังคมที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติ ของรายวิชานั้น ๆ

รายวิชาด้านหลักสูตรวิทยาศาสตร์ ควรปรับปรุงการเรียนการสอนให้ มีการ สอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนและ สะท้อนคิดเกี่ยวกับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏในเอกสารหลักสูตรต่างประเทศ และหลักสูตรไทย เพื่อให้เกิดการวิเคราะห์ถึง บทบาท ความสำคัญของการเข้าใจธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์ ร่วมกับการสร้างความตระหนักถึง ความสำคัญของการพัฒนานักเรียนให้มีความ เข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

1.3 รายวิชาด้านวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ ควรปรับปรุงเนื้อหา รายวิชาและ กิจกรรม การเรียนรู้ให้มีความต่อเนื่องกับรายวิชาด้าน หลักสูตรวิทยาศาสตร์ โดยผู้สอนควรเป็นต้นแบบ ในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรม การเรียนรู้ในลักษณะการสาธิตการสอน หรือการ วิพากษ์การสอนจากวิดีโอ หรือวิพากษ์การสอน โดยเพื่อน (peer teaching) เพื่อพัฒนานิสิตให้มีความ เข้าใจและสามารถใช้ทั้งกระบวนการเรียนรู้ แบบสืบสอบและกระบวนการสอนธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์แบบชัดเจนร่วมกับการสะท้อนคิด รวมถึงการวัดและประเมินผลที่เหมาะสม

1.4 การนิเทศนิสิตฝึกประสบการณ์

วิชาชีพ ควรมีการพัฒนาแบบประเมินนิสิตฝึก ประสบการณ์วิชาชีพ วิชาเอกวิทยาศาสตร์ ที่มี องค์ประกอบของการประเมินสะท้อนความรู้ใน เนื้อหาผนวกวิธีสอนเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างเจาะจง เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องใน การติดตามนิสิตในการลงมือปฏิบัติการสอนที่มี การบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

จากการวิจัยพบว่าความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์บาง ประเด็นของนิสิตไม่สอดคล้องกับงานวิจัยที่มีอยู่ ควรจะต้องมีการศึกษาวิจัยต่อไปนิสิตครูส่วนใหญ่ มีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ว่า อย่างไร และปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลให้เกิดความเข้าใจ เช่นนั้นเพื่อให้สามารถแก้ปัญหาความเข้าใจที่ คลาดเคลื่อนที่ต้นเหตุได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Abd-El-Khalick, F., Myers, J. Y., Summers, R., Brunner, J., Waight, N., Wahbeh, N., Zein-eddin, A. A., and Belarmino, J. (2017). A longitudinal analysis of the extent and manner of representations of nature of science in US high school biology and physics textbooks. **Journal of Research in Science Teaching** 54(1): 82–120.
- Akerson, V. L., Morrison, J. A., and McDuffie, A. R. (2006). One course is not enough: Preservice elementary teachers' retention of improved views of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching** 43(2): 194–213.

American Association for the Advancement of

- Science [AAAS]. (1992). **Science for All Americans**. New York: Oxford University.
- Clough, M. P. (2006). Learners' responses to the demands of conceptual change: considerations for effective nature of science instruction. **Science & Education** 15(5): 463–494.
- Demirdöğen, B., Hanuscin, D. L., Uzuntiryaki-Kondakci, E., & Köseoğlu, F. (2016). Development and nature of preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge for nature of science. **Research in Science Education** 46(4): 575–612.
- Faikhamta, C. (2013). The development of in-service science teachers' understandings of and orientations to teaching the nature of science within a PCK-based NOS course. **Research in Science Education** 43(2): 847–869.
- Ladachart, L.; Sutthakul, L.; Faikhamta, C. (2013). A Critical difference between the promotion of "Nature of Science" instruction outside and inside Thailand. **Kaset-sart Journal (Soc. Sci)** 34: 269–282. (in Thai)
- Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, Present; and Future. In Abell, S. K., and Lederman, N. G. (Eds.), **Handbook of Research on Science Education** (pp. 831–880). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Limpanont, P. (2004). **A Study of the Nature of Science Instruction of Teachers According to Science Strand**. Master of Education Thesis (Science Education). Bangkok: Chulalongkorn University.
- Limpanont, P. (2011). **A Development of the Integrated Nature of Science Curriculum to Enhance Student Understanding of the Nature of Science and Decision Making on Science-Based Dilemmas**. Doctor of Education Dissertation (Science Education). Bangkok: Srinakharinwirot University.